

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年10 月13 日 (13.10.2005)

PCT

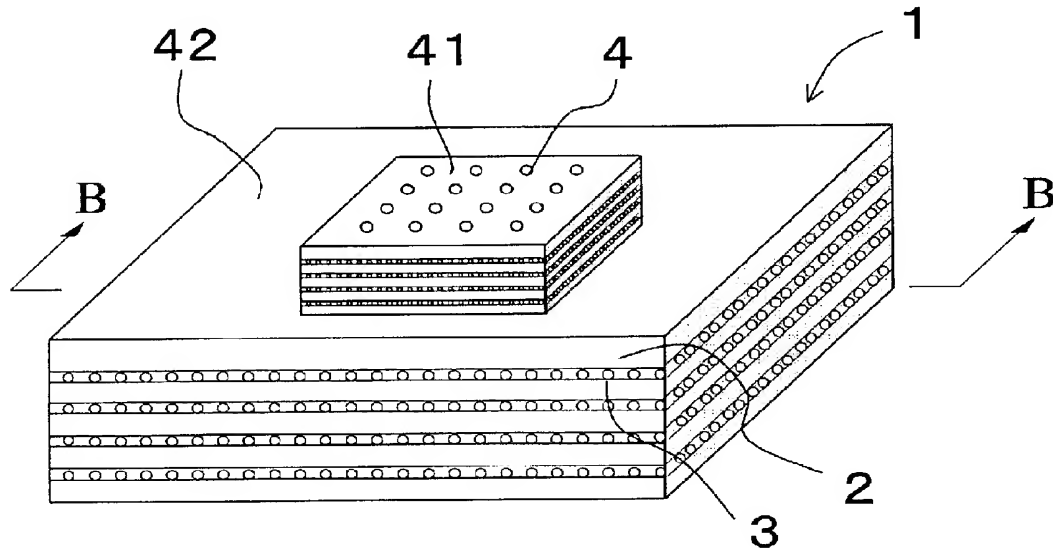
(10) 国際公開番号  
WO 2005/095079 A1

- (51) 国際特許分類: **B29B 15/08**, B29C 43/20 // B29K 101:00, 105:08, B29L 9:00, 31:30
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/005864
- (22) 国際出願日: 2005 年3 月29 日 (29.03.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-098102 2004 年3 月30 日 (30.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東レ株式会社 (TORAY INDUSTRIES, INC.) [JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2 丁目2 番1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 浅原信雄 (ASA-HARA, Nobuo) [JP/JP]; 〒7913120 愛媛県伊予郡松前町筒井1 4 5 6 番地 Ehime (JP). 小谷浩司 (ODANI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒7913120 愛媛県伊予郡松前町筒井1 4 5 1 番地 Ehime (JP). 和田原英輔 (WADAHARA, Eisuke) [JP/JP]; 〒7913120 愛媛県伊予郡松前町筒井1 4 5 1 番地 Ehime (JP).
- (74) 代理人: 伴俊光 (BAN, Toshimitsu); 〒1600023 東京都新宿区西新宿8 丁目1 番9 号 シンコービル 伴国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: PREFORM, FRP, AND PROCESSES FOR PRODUCING THESE

(54) 発明の名称: プリフォーム、FRP およびそれらの製造方法



(57) Abstract: A preform which comprises two or more superposed layers of a reinforcing-fiber base made of at least reinforcing fiber yarns, has a resin material comprising a thermoplastic resin as the main component and disposed between the reinforcing-fiber base layers of the preform, and has through-holes extending through the reinforcing-fiber base layers in the thickness direction for the preform; and an FRP formed from this preform. The preform has improved impregnability in the thickness direction. A stabler-quality FRP excellent in both of various mechanical properties and matrix resin impregnation can hence be produced with high productivity.

[続葉有]

WO 2005/095079 A1



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 少なくとも強化繊維系条によって形成された強化繊維基材を複数枚積層してなるプリフォームであって、プリフォーム内の強化繊維基材層間に熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料を有し、かつ、プリフォームの厚み方向に複数枚の強化繊維基材を貫通する孔が形成されているプリフォーム、およびこのプリフォームを用いて成形されたFRP、並びにそれらの製造方法。プリフォームの板厚方向の含浸性を向上させることにより、各種力学特性と、マトリックス樹脂の含浸性の両者ともに優れ、品質がより安定したFRPを高い生産性で製造することができる。

## 明 細 書

プリフォーム、FRPおよびそれらの製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、繊維強化プラスチック(以下、FRPと記す。)の成形に用いるプリフォーム、そのプリフォームから得られるFRP、及びそれらの製造方法に関する。より詳しくは、マトリックス樹脂の含浸性に優れ、かつ、力学特性を高く発現し、品質が安定したFRPが得られるプリフォーム、それから得られるFRP、およびそれらの製造方法に関する。

背景技術

- [0002] 軽量で高強度な素材として、FRPが各種産業分野で注目されており、中でも炭素繊維強化プラスチック(CFRP)がその優れた機械特性等から注目されている。特に航空機の分野においては、適用部位が拡大されており、今後さらなる拡大が見込まれている素材である。
- [0003] ところで、連続した炭素繊維を強化繊維とする繊維強化プラスチックは、繊維軸面内方向の機械的特性には優れるが、炭素繊維シートが積層されたCFRP板の厚さ方向に部分的な衝撃が加わると、衝撃によってCFRP板の層間にクラックが発生し層間が剥離することがあり、層間を強化するための各種方法が考案されてきた。
- [0004] かかるCFRP板を用いたFRPは、その代表的な製造方法として、通常、強化繊維基材を成形すべきFRP形状に予め積層したプリフォームを用いるが、マトリックス樹脂を注入し、成形する際に次のような問題点がある。すなわち、一般にプリフォーム内へのマトリックス樹脂の含浸速度はプリフォームの空隙率(プリフォーム内の空隙の割合)に大きく依存するため、強化繊維体積含有率(かさ密度)が高い状態(いわゆるニアネットシェイプ)では、空隙率が小さいために含浸速度が遅くなる。また、同じ空隙率であっても、強化繊維基材の面内の方向よりも、板厚方向への含浸速度が極めて遅いという特徴がある。したがって、CFRPの注入成形では、特にニアネットシェイプ成形や厚肉板の成形をする際には、プリフォーム内への含浸速度が遅いため、成形のサイクルタイムが長くなり、生産性が低くなる問題があり、また、最悪の場合には

、樹脂のポットライフの範囲内ではプリフォーム全体への含浸が完了せず、成形品に未含浸部分を残すという問題があった。

[0005] この場合の基材層間を強化する手段として、特許文献1に示されるように、プリフォーム内の強化繊維層間に熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料を付加し、層間の強度を向上させる方法がある。この樹脂材料は、層間強化の効果だけではなく、プリフォームの強化繊維基材同士を接着・固定する機能も併せ持っているため、プリフォームの製造上も非常に有利な材料である。

[0006] しかし、このプリフォームの空隙率は、樹脂材料が付与されていない一般的な強化繊維基材と同じ強化繊維体積含有率で比較した場合には、プリフォーム内の樹脂材料の体積分、プリフォーム内の空隙率が小さくなるため、含浸性が劣るという問題点があった。また、該プリフォームの強化繊維の体積含有率(かさ密度)が特に高い状態においては、如何なる形態の樹脂材料であっても、最も層間が薄くなる形態、すなわち、フィルム状となる場合があるため、板厚方向に流れるマトリックス樹脂が強化繊維層に含浸するのを層間の樹脂材料が阻害する問題があった。すなわち、該プリフォームは、各種力学特性は非常に優れるものの、特に強化繊維体積含有率が高い状態、いわゆるニアネットシェイプ成形を行う場合、あるいは、厚肉のプリフォームを成形する場合には、マトリックス樹脂の含浸工程においてに多大な時間を要する問題があった。

[0007] また、特許文献2に記載されているように、ニードルパンチにより強化繊維が起毛処理され、起毛された糸条繊維や短繊維ウェブが層間に押し込まれ、層同士がブリッジされることにより層間せん断強度、面外強度を向上させる方法もある。この方法では、起毛された繊維による毛細管現象により板厚方向の含浸性が向上し、また、起毛された繊維によるアンカー効果により層間強度を向上させることができる。しかし、この手法の場合、ニードルパンチの際に敢えて強化繊維の一部を切断して起毛処理するため、切断された繊維分の強度が低下する。また、その部分に応力集中を起こしやすくなるため、層間強度の向上効果はあるものの、その副作用として強化繊維量に依存する一方向の引張強度や圧縮強度のような基本的な機械的特性が低下するという問題点がある。

特許文献1:特開2003－80607号公報

特許文献2:特開2003－39429号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

- [0008] 本発明の目的は、前記従来技術の課題を解決し、プリフォームの板厚方向の含浸性を向上させることにより、各種力学特性と、マトリックス樹脂の含浸性の両者ともに優れ、品質がより安定したFRPおよびそれに使用されるプリフォーム並びにこれらを高い生産性で製造し得る方法を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

- [0009] 本発明は、上記課題を達成するため、次の各手段を採る。
- 本発明に係るプリフォームは、少なくとも強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材を複数枚積層してなるプリフォームであって、プリフォームの厚み方向に複数枚の強化繊維基材を貫通する孔が形成されていることを特徴とする。
- [0010] また、本発明に係るプリフォームは、少なくとも強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材を複数枚積層してなるプリフォームであって、とくに、プリフォーム内の強化繊維基材層間に熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料を有し、かつ、プリフォームの厚み方向に複数枚の強化繊維基材を貫通する孔が形成されていることを特徴とする。
- [0011] また、本発明に係るFRPは、上記のようなプリフォームに、マトリックス樹脂が含浸されて硬化されたものからなる。
- [0012] また、本発明に係るプリフォームの製造方法は、少なくとも強化繊維糸条によって強化繊維基材を複数枚形成し、これらの基材をプリフォーム型内に複数枚積層する積層工程、積層体の厚み方向に複数枚の強化繊維基材を貫通する孔を形成させる貫通工程を含むことを特徴とする方法からなる。
- [0013] 例えば、本発明の第1の形態に係るプリフォームの製造方法は、少なくとも次の工程(A)～(E)を順次経てプリフォームを製造することを特徴とする方法からなる。
- (A) 少なくとも強化繊維糸条によって強化繊維基材を複数枚形成し、これらの基材をプリフォーム型内に複数枚積層する積層工程

(B) 積層された積層体をプリフォーム型内に配置する配置工程

(C) 積層体を加熱し、強化繊維基材と樹脂材料とを含む各層を、少なくとも部分的に接着する加熱工程

(D) 積層体を冷却する冷却工程

(E) プリフォームの厚み方向に、複数枚の強化繊維基材を貫通する孔を形成させる貫通工程

[0014] また、本発明の第2の形態に係るプリフォームの製造方法は、少なくとも次の工程(F)～(K)を経てプリフォームを製造することを特徴とする方法からなる。

(F) 少なくとも強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材を複数枚成形し、これをプリフォーム型内に複数枚積層する積層工程

(G) 積層体の厚み方向に、複数枚の強化繊維基材を針またはピンで貫通させる積層体の貫通工程

(H) 積層体をプリフォーム型内に配置する配置工程

(I) 積層体を加熱し、強化繊維基材と樹脂材料とを含む各層を、少なくとも部分的に接着する加熱工程

(J) 積層体を冷却する冷却工程

(K) 針またはピンを除去する除去工程

[0015] さらに本発明に係るFRPの製造方法は、前述したようなプリフォームを用いて、少なくとも次の工程(L)～(N)を経て、FRPを製造することを特徴とする方法からなる。

(L) プリフォームを成形型に配置するセット工程

(M) 液体化しているマトリックス樹脂を、成形型に注入してプリフォームにマトリックス樹脂を含浸させる注入工程

(N) マトリックス樹脂を固化させる固化工程

## 発明の効果

[0016] 本発明に係るプリフォーム、FRPおよびそれらの製造方法によれば、各種力学特性、成形時の樹脂の含浸性の両者ともに優れ、品質が安定したFRPを高い生産性で得ることができる。

## 図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の一実施態様に係るプリフォームの斜視図である。
- [図2]図1のプリフォームのA-A線に沿う断面図である。
- [図3]図2の変形例に係るプリフォームの断面図である。
- [図4]本発明の別の実施態様に係るプリフォームの斜視図である。
- [図5]図4のプリフォームのB-B線線に沿う断面図である。
- [図6]本発明の一実施態様に係るFRPの斜視図である。
- [図7]本発明の一実施態様に係るプリフォームの製造方法を示すプリフォーム製造装置の概略縦断面図である。
- [図8]図7の次工程を示す概略縦断面図である。
- [図9]本発明の別の実施態様に係るプリフォームの製造方法を示すプリフォーム製造装置の概略縦断面図である。
- [図10]図7、9の次工程の例を示す概略縦断面図である。

#### 符号の説明

- [0018] 1:プリフォーム
- 2:強化繊維層
- 3:樹脂材料
- 4:貫通孔
- 5:シーラント
- 6:真空ポンプ
- 7:バッグ材
- 8、8a:通気材料
- 8b:排気ライン
- 9:加圧板
- 41:段差部(パッドアップ部)
- 42:薄肉部
- 61:貫通孔の跡
- 71:プリフォーム型
- 72:貫通型

81:貫通針  
82:保護板  
91:ピン  
92:ピン付き加圧板  
101:樹脂ポット  
102:樹脂注入口  
103:成型型  
104:ピールプライ  
105:樹脂拡散媒体

### 発明を実施するための最良の形態

[0019] 以下に、本発明の望ましい実施の形態を、図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の一実施態様に係るプリフォームを示す斜視図であり、図2は図1のプリフォームのA-A線に沿う断面図、図3は図2の変形例に係るプリフォームの断面図である。

[0020] 図1において、本発明の一実施態様に係るプリフォーム1は、連続した例えば、炭素繊維やアラミド繊維等の強化繊維糸条を並行に引き揃えて形成された強化繊維基材2(詳細については後述する。)が、複数枚厚み方向に積層されている。そして、本発明のプリフォームの特徴とすべき点は、プリフォーム1の厚み方向に、少なくとも複数枚の強化繊維基材2を貫通する貫通孔4を有する点である。

[0021] 図2に示すように、この貫通孔4は、プリフォーム1の板厚方向にその裏面まで貫通していることが、成形時にマトリックス樹脂の板厚方向の流路が確保されるために好ましい。また、応力集中を分散させる視点から、図3に示すように、複数枚の強化繊維基材2を貫通した後、残る強化繊維基材2については別の部位に設けた複数個の貫通孔4を経て裏面に到達するものであってもよい。

[0022] また、貫通孔4の内側面の強化繊維は、実質的に切断されていないことが好ましい。貫通孔周辺で、強化繊維の切断が実質的に生じていないことで、成形体の物性がより効率よく発現することが可能となるためである。ここで実質的に切断されていない状態について説明を加える。例えば、かえしのついた針を強化繊維基材に刺す場合



など意図的に強化繊維を切断した場合には、切断繊維が貫通孔周辺または貫通孔内で曲がり、切断端付近の繊維の配向が貫通孔方向となるが、実質的に繊維が切断されていない状態とは、たとえ強化繊維の一部が切断されていたとしても、孔周辺では上記したような、配向に急激な変化を有するものが観察されない程度であることとする。

- [0023] 貫通孔4の大きさ、形状、ピッチとしては、マトリックス樹脂が十分に板厚方向に流動することができ、成形品が所望の機械特性を達成できれば、特に限定するものではないが、具体的には貫通孔4は、使用する強化繊維基材とマトリックス樹脂による含浸特性、FRPに要求される強度から以下に述べる点を考慮して設定されることが好ましい。
- [0024] 貫通孔4を大きく設定した場合、FRPに成形した時にレジンリッチ部となり応力集中を起こす可能性がある。また、周知の通り、FRPの強度は繊維の配交角に依存するため、貫通孔4の強化繊維の主軸に垂直な方向の径が大きくなるにしたがい、繊維の局所的な配交角度が変化して、強度への影響が大きくなるため、マトリックス樹脂が十分に含浸する大きさの範囲内で最小限に設定することが好ましい。例えば、貫通孔における繊維間の隙間を楕円の短軸とした時、その短軸の長さが0.1～3mmであることが好ましい。
- [0025] 貫通孔4の形状としては、前記機能を満足すれば特に限定されるものではない。局所的な配交角度のずれを小さくするという点からは、強化繊維の主軸に垂直な方向の径を小さくする方が好ましく、例えば楕円形状などにしてもよい。
- [0026] 貫通孔4のピッチとしては、使用する強化繊維基材とマトリックス樹脂、貫通孔4の形状や大きさなどから設定することが好ましい。例えば、貫通孔4に流入したマトリックス樹脂が強化繊維基材2の面内方向に広がり、複数の貫通孔4から強化繊維基材2全体に樹脂が十分に含浸できるようなピッチに設定することが好ましい。なお、樹脂の流動形態に関しては、製造方法の説明のところで詳しく述べる。
- [0027] なお、強化繊維基材各層の強化繊維が目止めされていれば、かかる貫通孔が、安定して存在し、振動や経時変化等の影響を受けにくくなることから好ましい。目止めとは、薄膜状の室温で液状あるいは軟質の樹脂を強化繊維基材の少なくとも片面に付

与する、または、単位当たりの重量の低い熱可塑性樹脂不織布や散布粒子等を強化繊維基材の少なくとも片面に熱融着させるといった手段で、強化繊維基材中の単繊維の集合形態を拘束することをいう。このように貫通孔を安定させることができれば、目止めに用いる材料や形態は上記に限定されず、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等に適宜使用することが可能である。

[0028] 本発明では、図1～図3に示すように、各層間には熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料3(詳細については後述する。)を有していることが好ましい。前述した通り、層間に樹脂材料を配置することにより、層間の強度を向上させる効果に加え、目止め剤としての効果も奏し、貫通孔の形状を保持する機能を持たせることができるため、より本発明の効果を発揮できるためである。

[0029] 本発明におけるプリフォーム1の強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ は45～62%の範囲内であることが好ましい。一般に、マトリックス樹脂の強化繊維への含浸性は、プリフォーム1内の空隙率、ひいては強化繊維の体積含有率に依存するため、本発明による効果は、特に強化繊維体積含有率が高い領域において高く発揮させることができる。強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ が45%未満の場合は、プリフォーム1内の空隙率が充分に高いため、貫通孔4の効果が小さくなる。また、強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ が62%を超えると製造が困難になる。また、プリフォーム1における強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ と、FRPの強化繊維体積含有率 $V_f$ との関係は、とくに、 $V_f - 5 \leq V_{pf} \leq V_f + 5$ の範囲内にあるのが好ましい。

[0030] いわゆるニアネットシェイププリフォームの場合には、より本発明の効果がより大きく発現されるため好適である。

[0031] 本発明で使用する強化繊維基材としては、炭素繊維、ガラス繊維などの無機繊維や、ポリアミド、アラミド等の有機繊維を強化繊維とする、織物(一方向性、二方向性、多軸)、編物、組物、一方向に引き揃えられたシート(一方向性シート)、一方向性シートを2層以上重ね合わせた多軸シートが挙げられる(以下、上述した織物やシート等を総称して布帛という。)。これら布帛は、スティッチ糸、結節糸、粗布、バインダー等の樹脂等による各種接合手段により複数の物を一体化したものであってもよい。かかる強化布帛としての一方向シートは、強化繊維糸条が一方向に配列した状態で、

樹脂材料又はその他の手段によって形態安定化されたものである。

- [0032] かかる強化布帛としての一方向性織物は、強化繊維糸条が強化布帛の長さ方向つまり縦方向に配列し、横方向には強化繊維糸条より細い補助糸が配列して交錯し、織組織を構成するものである。かかる強化布帛としての二方向性織物は、強化繊維糸条が強化布帛の長さ方向と幅方向に配列して交錯し、織組織を構成するものである。
- [0033] かかる強化布帛としての多軸ステッチ基材は、例えば、まず下面から長さ方向に対して $+\alpha^\circ$  方向に強化繊維糸条が平行に配列して $+\alpha^\circ$  層を構成し、次いで幅方向に強化繊維糸条が並行に配列して $90^\circ$  層を構成し、次いで長さ方向に対して $-\alpha^\circ$  方向に強化繊維糸条が並行に配列して $-\alpha^\circ$  層を構成し、次いで長さ方向に強化繊維糸条が並行に配列して $0^\circ$  層を構成し、これらの互いに配列方向が異なる4つの層が積層された状態で、ステッチ糸によって縫合一体化されているものである。ここでは、多軸ステッチ基材の強化繊維の構成が $+\alpha^\circ$  層/ $90^\circ$  層/ $-\alpha^\circ$  層/ $0^\circ$  層の4層構成について説明したが、これに限定するものではない。
- [0034] 有機繊維布帛としては、例えば、不織布、マット、ネット、メッシュ、織物、編物、短繊維群等があり、これらを組み合わせてもよい。樹脂材料3は、強化繊維基材2と接着されていることが好ましい。
- [0035] 樹脂材料3の形態については、強化繊維の層間強度を高める機能、強化繊維基材2間の接着性を有するものであれば特に限定するものではない。樹脂材料3の形態としては、例えば、粒子、有機繊維布帛、またはフィルムの形態を有するものを使用することができる。プリフォームにおける強化繊維体積含有率を高く出来ること、使用できる熱可塑性樹脂の種類が多様である点から、粒子の形態がより好ましく、平均粒子直径としては $1\sim 500\ \mu\text{m}$ の範囲内にあることが好ましい。
- [0036] 樹脂材料3が熱可塑性樹脂の場合は、プリフォーム1を加熱・加圧して樹脂材料3による強化繊維層2の拘束を開放して板厚を変化させ、所望の板厚で冷却・除圧することにより強化繊維基材2を樹脂材料3で拘束することによりプリフォームの強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ の制御が可能である。
- [0037] このような熱可塑性樹脂としては、マトリックス樹脂と相性が良いものを選択すること

ができる。例えば、ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルニトリル、ポリエーテルエーテルケトン、及びポリエーテルケトンケトン、これらの変性樹脂、共重合樹脂などを使用することができる。また、かかる樹脂材料3は、プリフォーム形態の時には低いガラス転移点で、FRPに成形された後は高いガラス転移点になっていることがプリフォーム1を作成するのに好適である。例えば、熱硬化性樹脂などの熱可塑性樹脂以外の副成分を有することができる。

- [0038] 前記プリフォームの強化繊維含有率を制御する視点から、樹脂材料3をプリフォーム1に対して1～20重量%の範囲内で有していることが好ましい。樹脂材料3が1重量%未満の場合は、層間強度の向上効果が小さく、また、プリフォーム1の強化繊維体積含有率の制御幅が小さいという問題点がある。また、樹脂材料3が20重量%を超える場合は、樹脂材料3の体積が大きくなり、強化繊維体積含有率が高くできない問題が発生する。なお、本発明でいうプリフォーム1における強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ とは、次式で求めた値をいう。なお、ここで用いた記号は下記に準ずる。ここで、測定に供するプリフォームは、プリフォームのスプリングバック量が実質的に飽和したものととする。

$$V_{pf} = (W1 \times 100) / (\rho \times T1) \quad (\%)$$

ここで、 $W1$ : プリフォームの $1\text{cm}^3$ あたりの強化繊維の重量( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$\rho$ : 強化繊維の密度( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$T1$ : 1気圧の荷重下で測定したプリフォームの板厚(cm)

- [0039] 次に、本発明のプリフォームの変形例について、図面を参照しながら説明する。

図4は、図1の変形例に係る図1とは異なる態様のプリフォームの斜視図、図5は図4のプリフォームのB-B線に沿う断面図である。

- [0040] 図4、図5に示すように、この変形例のプリフォームは、図1のプリフォーム1の上に、強化繊維基材2の外形寸法とその積層枚数が異なる段差部41、すなわち薄肉部42の上にいわゆるパッドアップ部41としてのプリフォームを設けたものである。この変形例のプリフォームに対しては、プリフォーム全体に貫通孔を設けてもよいし、図4、図5に示すように、局所的に裏面にまで貫通する貫通孔4を設けてもよい。従来、このよう

なパッドアップ部41が存在するプリフォーム1の場合、例えば、樹脂の注入成形の場合などは、プリフォームの面内で板厚方向にマトリックス樹脂が含浸する距離が異なるため、パッドアップ部41に樹脂が含浸する時間が薄肉部42における時間に比較して非常に長くなっていた。

[0041] したがって、パッドアップ部41での含浸途中に、樹脂のポットライフを超過した場合や、先に薄肉部42を含浸したマトリックス樹脂によりパッドアップ部41内の強化繊維と真空ラインが遮断されて真空圧が維持できなくなった場合には、成形後に未含浸部が残ることがよくあった。しかし、本発明のプリフォーム1においては、貫通孔4に充填されたマトリックス樹脂が、直ちに各基材2の平面方向に進入し、含浸するのでこのような問題は生じない。貫通孔4については、前述したようにプリフォーム1の全面に貫通孔を設けてもよいし、貫通孔にできるレジンリッチ部を減らす視点からは、パッドアップ部41だけに局所的に貫通孔4を設けることも効果がある。また、貫通孔の配置とその外径を適宜変えることにより、パッドアップ部41と薄肉部42のマトリックス樹脂の含浸時間を同じにすることも可能であるし、パッドアップ部41を先に含浸させることにより、未含浸を防止することもできる。

[0042] 次に、本発明に係るプリフォームを使用したFRPの望ましい実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

図6は本発明の一実施態様に係るFRPの斜視図であり、このFRP61は、上述のプリフォーム1に、マトリックス樹脂が含浸され、硬化されたものである。かかるマトリックス樹脂の好ましい例としては、例えば、熱硬化性樹脂、RIM用熱可塑性樹脂等が挙げられるが、中でも注入成形に好適であるエポキシ、フェノール、ビニルエステル、不飽和ポリエステル、シアネートエステル、ビスマレイミドおよびベンゾオキサジンから選ばれる少なくとも1種であるのが好ましい。

[0043] かかるFRP61における強化繊維体積含有率 $V_f$ としては、45～70%の範囲内であると、前述の本発明の効果を高く発現できるため好ましい。より好ましくは45～62%、さらに好ましくは50～60%の範囲内である。なお、FRPにおける強化繊維体積含有率 $V_f$ とは、次式で求めた値をいう(単位は%)。なお、ここで用いた記号は下記のとおりである。

$$Vf = (W2 \times 100) / (\rho \times T2) \quad (\%)$$

ここで、W2:FRP1cm<sup>2</sup>当たりの強化繊維の重量(g/cm<sup>2</sup>)

$\rho$ :強化繊維の密度(g/cm<sup>3</sup>)

T2:FRPの厚さ(cm)

[0044] かかる構成を備えた本発明のFRPは優れた力学特性を有し、かつ軽量であるため、その用途が航空機、自動車、船舶の輸送機器のいずれかにおける一次構造部材、二次構造部材、外装部材または内装部材として好ましいものである。

[0045] 次に、本発明に係るプリフォームの製造方法の第1の実施態様について説明する。

図7、図8は、本発明の第1の実施態様に係るプリフォームの製造方法を示すプリフォーム製造装置の概略縦断面図であり、図7はそのうちのプリフォーム成形工程の断面図、図8はその後の貫通工程の断面図である。

[0046] (A)積層工程

図7に示すように、まず平板状のプリフォーム型71の上に、少なくとも一方の表面に熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料3を有する強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材2を複数枚積層する。

[0047] (B)配置工程

次に、前記プリフォーム型71の上に配置した、強化繊維基材2の上に加圧板9を載置し、さらにその上からバッグ材7で覆い、その外周部をシーラント5で密閉する。そして、最下層の強化繊維基材に通気材料8aを接続し、排気ライン8b経由で、系外に設けた真空ポンプ6と連通する。しかる後に真空ポンプ6を運転し、バッグ材7内部を減圧状態にすることにより、プリフォーム1の全体に対し、バッグ材7内外の差圧による大気圧を負荷させ、プリフォーム1の積層体全体を型71上に圧縮させる。なお、配置工程において、プリフォーム型71は、その一方がバッグ材7であり、もう一方が雄型または雌型のいずれかであってもよいし、バッグ材7を用いない雄型および雌型であってもよい。また、プリフォーム型71は成形型として用いられても何ら問題はなく、特に大型FRPの場合には、設備費を安価にするためプリフォーム化と成形とに兼用できる型を用いるのが好ましい。バッグ材7としては、例えば、フィルム、柔軟ラバー等があり、プリフォーム型71としては、例えば、金型、木型、樹脂型またはFRP型等を用いる

ことができる。

[0048] (C)加熱工程

次に、図7に示すように例えば熱風などでプリフォーム1の全体を加熱することにより、主に熱可塑性樹脂からなる樹脂材料3が軟化して、プリフォーム1の厚みが減少し、強化繊維基材2と樹脂材料3とを含む各層を部分的に接着させる。

[0049] また、この加熱工程において、強化繊維基材2を加圧して、強化繊維体積含有率Vpfを45～62%の範囲内にするのが好ましい。かかるプリフォーム1の加圧方法としては、特に限定するものではないが、特にプリフォーム型71としてバッグ材7と雄型または雌型とを用いる場合には、積層体をプリフォーム型71内に密閉し、プリフォーム型71内を大気圧以下に減圧することにより、大気圧でプリフォーム1を加圧する方法が設備を安価に抑えることができる点から好ましい。また、プリフォーム型71が雄型および雌型である場合には、積層体の厚み方向に対して機械的に加圧する方法を用いても良い。加熱温度は、樹脂材料を可塑化し、強化繊維が移動可能となり、所望の繊維体積含有率に制御出来る点から50～180℃の範囲内であることが好ましい。

[0050] (D)冷却工程

次に、積層体全体が所望の厚みになったところで、冷却工程にてプリフォーム1の全体を冷却して、樹脂材料3が固化して、強化繊維基材2が固定される。

[0051] (E)貫通工程

次に、図8に示す通り、貫通工程において、保護板82の上においたプリフォーム1の厚み方向に、貫通針81を使用して、複数の強化繊維基材2を貫通する孔4を形成する。具体的にはまず、前記冷却工程でプリフォームを冷却した後、バッグ材7および加圧板9の覆いを取り外し、プリフォーム1を保護板82を介して型72上に置き直す。そして、貫通針81をプリフォーム1に適当なピッチで先端が保護板82に届くまで差し込む。この際、貫通針81を加熱しておくことも好ましい。

[0052] 貫通工程で使用する貫通針81の形状としては、特に限定するものではないが、FRPの機械強度という視点においては、繊維を切断しにくく、繊維の隙間を貫通し易い形状が好適である。例えば、繊維を切断しないようにかえし、穴、エグレが無く、かつ、先端をR加工したものを使用することができる。加えて貫通針の径は短軸の径が0.

1～3mmが好ましく、さらには、0.1mmから2mmの範囲であることがより好ましく、貫通ピッチは10mmから50mmの範囲であることが好ましい、更に好ましくは貫通針の径は0.5mmから1.5mmの範囲が好ましく、貫通ピッチは10mmから40mmの範囲が好ましい。

[0053] また、貫通孔を開ける時に、貫通針に超音波を付与してもよい。超音波を付与することにより、周囲の繊維を切断せずに、プリフォーム内へスムーズに針を貫通させることができる。

[0054] 貫通針81を保護するための保護板82はたとえば発泡体でもよく、または予め貫通型72に貫通針81に相対応した孔を開けておくことも好ましい。

[0055] 図9は、本発明の第2の実施態様に係るプリフォームの製造方法に用いるプリフォーム製造装置の概略断面を示しており、積層工程から冷却工程までを説明するための構成を示している。以下、各工程毎に説明する。

[0056] (F) 積層工程

まず、前述の第1実施態様と同様に、後工程の貫通工程に備えて、少なくとも一方の表面に熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料3を有する強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材2をプリフォーム型71に複数枚積層する。

[0057] (G) 貫通工程

次に、ピン91が一体化された加圧板92を、前記プリフォーム型71上に積層された強化繊維基材2の上から厚み方向に押圧し、貫通させる。この第2の実施態様においても第1の実施態様と同様に、積層された強化繊維基材2とプリフォーム型71の間に保護板を配置して、ピン91を完全に貫通させる方法を用いることも好ましい。また、ピン91は、第1の実施態様の貫通針81と同様で特に限定するものではなく、ピン91は単独の部品であってもよいし、プリフォーム型71と一体で構成されていてもよく、積層工程でピン91に強化繊維基材2を貫通させながら積層することもできるし、積層された強化繊維基材2の上に設置される加圧板9と一体で構成して、加圧板9を配置するときに、ピン91を貫通させてもよい。本発明に係るプリフォームの製造方法においては、ピン91の長さを所望の強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ に対応するプリフォームの板厚 $T1$ に設定して、プリフォーム1の板厚を制御してもよい。積層体厚み $TL$ のうち、



所望のプリフォーム板厚に相当するピン91長さTP分の強化繊維基材2をピン91で貫通する(多くの場合 $TL \geq TP$ となる)。

[0058] (H) 加熱工程

次に、プリフォーム型71に配置された、ピン91を貫通させた積層体を、バッグ材7で覆って周囲をシーラント5で密封する。プリフォーム1と通気材料8で連通された真空ポンプ6でバッグ材7の内部を減圧状態にして、プリフォーム1にはバッグ材7内外の差圧により大気圧が負荷される。次に、例えば熱風などで積層体を加熱することにより、主に熱可塑性樹脂からなる樹脂材料3が軟化して、プリフォーム1の厚みが減少し、強化繊維基材2と樹脂材料3とを含む各層を部分的に接着する。

[0059] 積層体を加熱・加圧することにより、熱可塑性樹脂からなる樹脂材料3が軟化、あるいは可塑性化して圧力により積層体の板厚が減少する。ピン91は積層体の残りの強化繊維基材2を貫通して積層体の厚みがTPになった時に、プリフォーム型71と加圧板9がピン91によりブリッジして板厚の減少が止まる。

[0060] なお、ピンの形状としては特に限定されるものではないが、前述の貫通針と同様の条件で設定することが好ましい。

[0061] (I) 冷却工程

次に、前記加熱工程で積層体が所望の厚みになったところで積層体を冷却し、樹脂材料3を固化して、強化繊維基材2が固定される。

[0062] (J) 除去工程

次に、バッグ材7とともに、強化繊維基材2が固定された積層体から加圧板92、およびピン91を除去することにより、貫通孔を有し板厚がTPに高精度に制御されたプリフォーム1が得られる。

[0063] また、熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料3を有する強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材2は、室温における積層体の状態では、熱可塑性粒子が可塑性化しておらず、強化繊維同士が接着していないため、積層体を移動させる場合などには、基材同士がすべり積層体の形状が保持できない場合がある。しかし、本製造方法においては、積層体にピン91を貫通させることにより、積層体の保持機能という新たな効果を得ることができる。

- [0064] また本実施の態様においては、樹脂材料などの形状保持機能を利用することにより、樹脂材料を有しない基材の場合、小さな孔であれば、繊維のスプリングバックで孔が閉じてしまうが、樹脂材料の接着による形状保持機能により、小さい孔であっても十分に孔形状を保持できるという効果が得られる。特に(F)～(J)にかかる製造方法においてはピン91をプリフォーム1内に入れたまま、加熱して熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料を可塑化した後、そのまま冷却して樹脂材料により基材を固定するため、孔が小さくても、ピン91を除去した後にも孔が保持される。
- [0065] すなわち、従来技術ではFRPに成形した時に強度低下が起こっていたが、本発明に係るプリフォームは、強度に影響の無い大きさの貫通孔を形成することにより、樹脂の流路としては十分な大きさを有し、かつ、強度低下の無い孔を有するプリフォームが実現できる。
- [0066] 次に、上述した本発明のプリフォームを用いた、本発明のFRPの製造法の一実施態様について、図面を参照しながら説明する。
- [0067] 図10は、本発明の一実施態様に係るFRPの製造方法を示す断面図であり、前述した本発明に係るプリフォーム1にマトリクス樹脂を注入し、成形している様子を示したものである。概略説明すると、まず、(K)セット工程にて、本発明のプリフォームを成形型103上に配置する。次に(L)注入工程にて、液体化しているマトリクス樹脂を、成形型103に注入してプリフォーム1にマトリクス樹脂を含浸させる。さらに、(M)硬化工程にてマトリクス樹脂を硬化させる。以下、各工程毎に説明する。
- [0068] (K)セット工程
- まず、図10に示すように、本発明にかかるプリフォーム1を成形型103に配置する。次にプリフォーム1の少なくとも最表面に樹脂拡散媒体105を積層し、プリフォーム1と樹脂拡散媒体105の間に、成形後に樹脂拡散媒体105が簡単に分離できるようにピールプライ104を配置する。次に、樹脂注入口102を介して樹脂ポット101と樹脂拡散媒体105を連通させ、もう一方では、通気材料8を介してプリフォーム1と真空ポンプ6とを連通させる。次に、バッグ材7で全体を覆い、シーラントで周囲を密封する。
- [0069] なお、成形型103が少なくとも雄型または雌型のいずれかとバック材からなる構成としてもよい。バッグ材7を用いた場合、成形型103費を安くすることができ、成形コスト

が安い製造方法となる。

[0070] また、成形型103が雄型および雌型を含む2つから形成してもよく、マトリックス樹脂の注入時に大気圧以上の圧力をかけることができるため、短サイクルで成形することが可能となる。

[0071] (L) 注入工程

次に、バッグ材7内を真空ポンプ6で脱気して、真空中に保ちながらマトリックス樹脂101を注入して、まずマトリックス樹脂を優先的に樹脂拡散媒体105に含浸させ、続いてプリフォーム1の貫通孔4を通り板厚方向に含浸した後、各強化繊維層2の面内(層間)方向に樹脂が拡散して、プリフォーム1全体に樹脂が含浸する。

[0072] 樹脂拡散媒体105としては、例えばメッシュ、金網等などを使用することが好ましく、樹脂拡散媒体105とFRPを成形後に簡単に分離できるようにピールプライ104(例えば、ナイロン製のタフタ)を樹脂拡散媒体105とプリフォーム1との間に積層しておくのが好ましい。

[0073] (M) 硬化工程

次に、硬化工程にてマトリックス樹脂を硬化させる。また、硬化させる際、硬化効率を上げるために加熱するのが好ましい。必要に応じて、マトリックス樹脂の硬化を確実なものにするために、FRPを再度加熱して硬化するアフターキュア(二次硬化)工程を経てもよい。

[0074] 以上が本発明のFRPの製造方法であるが、従来技術の場合、拡散媒体に拡散したのち、特に厚肉の場合には板厚方向に含浸するのに多大な時間を要するために、樹脂注入時間が非常に長かった。しかし、本発明に係るプリフォームにおいては、板厚方向をマトリックス樹脂が貫通孔4内を素早く進入し、次いで各基材層の平面方向に含浸するため、ボイドがない状態でまんべんなく含浸でき、全体の含浸時間を大幅に短縮(例えば従来技術の含浸時間の20～50%以内の短時間)することが可能である。よって、短時間の製造サイクルが実現し、従来に比較して、成型コストが安い製造方法が可能となる。また、板厚方向に素早く含浸できるため、従来法では非常に困難であった超厚肉の部材にも対応が可能となる優れた製造方法である。

[0075] このように、本発明に係るプリフォームを用いることにより、樹脂の注入成形におい

て、従来樹脂の含浸に多大な時間を要した板厚方向には樹脂が貫通孔を素早く含浸するため、全体の含浸時間を大幅に短縮することが可能であり、短時間の製造サイクルが実現し、従来に比較して、成型コストが安い製造方法が可能となる。また、板厚方向に素早く含浸できるため、従来法では非常に困難であった超厚肉の部材にも対応が可能となった。

- [0076] また、本発明の方法によれば、繊維の切断や孔に起因する強度低下が無いため、従来技術で問題となっている一部の機械強度特性の低下という問題を解消することが可能となる。
- [0077] さらに、上記実施態様においては、樹脂材料の形態保持機能を利用することにより、強度への影響が十分に無視できる小さい孔であっても、樹脂が含浸するまでは形状が十分に保持されるため、樹脂の流路が確保され、貫通孔を有していても、貫通孔の無いプリフォームと同等の機械強度を得ることができる。

### 実施例

- [0078] 以下、本発明の実施例について、上記図面を参照しながら説明する。

#### 実施例1

まず、強化繊維基材2として一方向性炭素繊維織物(東レ株式会社製)をサイズ: 150mmx150mmに切り出した強化繊維基材2を64枚x3セットを用意した。該織物は強化繊維糸条として炭素繊維T800S(東レ株式会社製、密度:1.8g/m<sup>3</sup>)を使用した炭素繊維目付190g/m<sup>2</sup>の一方向性織物であり、表面には熱可塑性樹脂を主成分とする粒子状樹脂材料3が30g/m<sup>2</sup>の目付で予め付着させてある。これを用いて以下の要領で3種類のプリフォーム1を作成した。

- [0079] 上記織物を熱可塑樹脂の付着した面を上にしてSUS製平面型上に[45° /0° /-45° /90° ]8sの積層構成で疑似等方積層したものを3セット用意した。それぞれのこの状態での強化繊維体積体積率V<sub>pf</sub> は次の通りであった。

第一のセット:48%

第二のセット:48%

第三のセット:48%

- [0080] 第一のセットをバッグ材7とシーラント5によって密封して内部を真空ポンプ6で減圧

した状態にし、設定温度80℃のオーブンで120分間加熱した。この後オーブンから取り出して室温まで冷却した後バッグ材7を解放し、プリフォームNo. 1を得た。

[0081] 第二のセットをバッグ材7とシーラント5によって密封して内部を真空ポンプ6で減圧した状態にし、設定80℃のオーブンで120分間加熱した。この後オーブンから取り出して室温まで冷却した後バッグ材7を解放した。この基材の下にフォームコアを敷き、上から外径1mmのニードルを積層面に対して垂直に突き刺すことにより貫通孔を形成し、その後ニードルを引き抜くという手順で40mmピッチの貫通孔を全面に施してプリフォームNo. 2を得た。

[0082] 第三のセットには積層した基材と平面型の間にフォームコアを敷き、基材の上からニードル付きの金属プレート(ニードル径:1mm、ニードルピッチ:40mm)を押しあてて貫通孔を形成し、この状態で全体をバッグ材7とシーラント5によって密封して内部を真空ポンプ6で減圧した状態にし、設定温度80℃のオーブンで120分間加熱した。この後オーブンから取り出して室温まで冷却した後バッグ材7を解放し、ニードル付きプレートを取り外してプリフォームNo. 3を得た。

[0083] この状態でのそれぞれのプリフォームの強化繊維体積含有率 $V_{pf}$ は次の通りであった。     プリフォームNo. 1:54%

                    プリフォームNo. 2:54%

                    プリフォームNo. 3:54%

[0084] これら3種類のプリフォームをそれぞれ図10に示す通りの状態にセットした。なお、注入するマトリクス樹脂にはエポキシ樹脂(80℃での初期粘度54mP・s)を使用した。樹脂注入口をクランプで閉じ、密封した内部を真空ポンプ6で減圧した状態にして設定温度80℃のオーブン内に投入し、樹脂注入口のクランプを外して樹脂の注入を開始した。

[0085] また、各プリフォームの厚さ方向に強化繊維基材2の16枚目、32枚目、48枚目および最下層に、貫通孔の最遠部に樹脂含浸を確認する樹脂センサーを配置した。

[0086] その結果、プリフォームNo. 1については樹脂注入開始後1時間経過後も樹脂は吸引口に到達せず、その時点で注入口を閉じて注入をうち切った。プリフォームNo. 2およびNo. 3は樹脂注入開始後40分で、全てのセンサーで樹脂の到達を確認した

。この時点で樹脂注入口を閉じ、樹脂硬化のためオープン温度を130℃まで昇温し2時間保持した後室温まで冷却した。

[0087] これにより成形されたCFRPはプリフォームNo. 2、プリフォームNo. 3を使用した成形品いずれも未含浸はなく、Vfは次の通りであった。

プリフォームNo. 2を使用したCFRP:55%

プリフォームNo. 3を使用したCFRP:55%

#### 産業上の利用可能性

[0088] 本発明は、航空機、自動車、もしくは船舶の輸送機器におけるFRP製構造体を製造するためのプリフォームに適用することがより特徴を発揮できる点から好ましい。ただし、その他、産業用途、スポーツ用途など、広範囲なFRP製部材の製造用途にも本発明は適用可能である。

### 請求の範囲

- [1]      少なくとも強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材を複数枚積層してなるプリフォームであって、プリフォームの厚み方向に複数枚の強化繊維基材を貫通する孔が形成されていることを特徴とするプリフォーム。
- [2]      前記貫通孔中には強化繊維フィラメントの切断端部が実質的に無いことを特徴とする、請求項1に記載のプリフォーム。
- [3]      前記貫通孔の短径の長さが0.1～3mmであることを特徴とする、請求項1または2に記載のプリフォーム。
- [4]      前記プリフォーム内の強化繊維基材が目止めされている、請求項1～3のいずれかに記載のプリフォーム。
- [5]      前記プリフォーム内の強化繊維基材層間に熱可塑性樹脂を主成分とする樹脂材料を有している、請求項1～4のいずれかに記載のプリフォーム。
- [6]      前記プリフォームにおける強化繊維含有体積率 $V_{pf}$ が、45～62%の範囲内にあることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載のプリフォーム。
- [7]      前記プリフォームにおける強化繊維体積含有率 $V_{pf}(\%)$ が、該プリフォームを成形して得られるFRPの強化繊維体積含有率 $V_f(\%)$ に対して、 $V_f - 5 \leq V_{pf} \leq V_f + 5$ の範囲内にあることを特徴とする、請求項1～6のいずれかに記載のプリフォーム。
- [8]      前記樹脂材料の含有率が、プリフォームに対して、1～20重量%の範囲内にあることを特徴とする、請求項5～7のいずれかに記載のプリフォーム。
- [9]      前記樹脂材料の形態が、粒子の形態を有するものであることを特徴とする、請求項5～8のいずれかに記載のプリフォーム。
- [10]      前記樹脂材料の形態が、有機繊維糸によって形成された有機繊維布帛の形態を有するものであることを特徴とする、請求項5～8のいずれかに記載のプリフォーム。
- [11]      前記強化繊維基材が、強化繊維糸条が一方向に並行に配列された状態で形態が安定化された一方向シートであることを特徴とする、請求項1～10のいずれかに記載のプリフォーム。
- [12]      前記強化繊維基材が、強化繊維糸条が一方向に並行に配列された形態を有し、かつ他方向には補助糸が配列された織組織を有する一方向性織物であることを特

徴とする、請求項1～10のいずれかに記載のプリフォーム。

- [13] 前記強化繊維基材が、強化繊維糸条が長さ方向と幅方向とにそれぞれ並行に配列された織り組織を有する二方向織物であることを特徴とする、請求項1～10のいずれかに記載のプリフォーム。
- [14] 前記強化繊維基材が、並行に配列された強化繊維糸条が層構成をなし、これらがステッチ糸で一体化されている多軸ステッチ基材であることを特徴とする、請求項1～13のいずれかに記載のプリフォーム。
- [15] 前記プリフォームが、強化繊維基材の積層枚数が異なる段差部を有することを特徴とする、請求項1～14のいずれかに記載のプリフォーム。
- [16] 前記プリフォームが、面内の任意の部位に、局所的に貫通孔が形成されたものであることを特徴とする、請求項1～15のいずれかに記載のプリフォーム。
- [17] 請求項1～16のいずれかに記載のプリフォームに、マトリックス樹脂が含浸されて硬化されたものであることを特徴とするFRP。
- [18] 前記FRPにおける強化繊維体積含有率 $V_f$ が、45～70%の範囲内にあることを特徴とする、請求項17に記載のFRP。
- [19] 用途が、航空機、自動車、船舶の輸送機器のいずれかにおける一次構造部材、二次構造部材、外装部材または内装部材であることを特徴とする、請求項17または18に記載のFRP。
- [20] 少なくとも強化繊維糸条によって強化繊維基材を複数枚形成し、これらの基材をプリフォーム型内に複数枚積層する積層工程、積層体の厚み方向に複数枚の強化繊維基材を貫通する孔を形成させる貫通工程を含むことを特徴とするプリフォームの製造方法。
- [21] 少なくとも次の工程(A)～(E)を順次経てプリフォームを製造することを特徴とする、請求項20に記載のプリフォームの製造方法。
- (A) 少なくとも強化繊維糸条によって強化繊維基材を複数枚形成し、これらの基材をプリフォーム型内に複数枚積層する積層工程
- (B) 積層された積層体をプリフォーム型内に配置する配置工程
- (C) 積層体を加熱し、強化繊維基材と樹脂材料とを含む各層を、少なくとも部分



的に接着する加熱工程

(D) 積層体を冷却する冷却工程

(E) プリフォームの厚み方向に、複数枚の強化繊維基材を貫通する孔を形成させる貫通工程

[22] 少なくとも次の工程 (F) ～ (K) を経てプリフォームを製造することを特徴とする、請求項20に記載のプリフォームの製造方法。

(F) 少なくとも強化繊維糸条によって形成された強化繊維基材を複数枚成形し、これをプリフォーム型内に複数枚積層する積層工程

(G) 積層体の厚み方向に、複数枚の強化繊維基材を針またはピンで貫通させる積層体の貫通工程

(H) 積層体をプリフォーム型内に配置する配置工程

(I) 積層体を加熱し、強化繊維基材と樹脂材料とを含む各層を、少なくとも部分的に接着する加熱工程

(J) 積層体を冷却する冷却工程

(K) 針またはピンを除去する除去工程

[23] 前記貫通工程において、短軸の長さが0.1～3mmの針またはピンを使用することを特徴とする、請求項20～22のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。

[24] 前記貫通工程において、針またはピンに超音波を付与しながら貫通孔を形成することを特徴とする、請求項20～23のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。

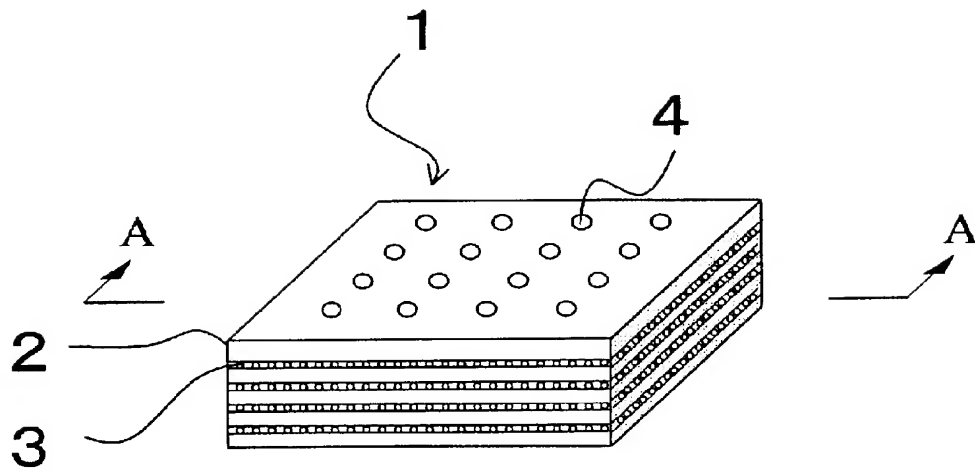
[25] 貫通工程における針またはピンが、プリフォーム型あるいは積層体の上に配設される加圧板と一体化されていることを特徴とする、請求項20～24のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。

[26] 貫通工程における針またはピンの長さを、所望のプリフォームの板厚と同等に設定し、積層体の上に配設される加圧板とプリフォーム型の間で針またはピンをブリッジさせて、プリフォームの板厚を制御することを特徴とする、請求項20～25のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。

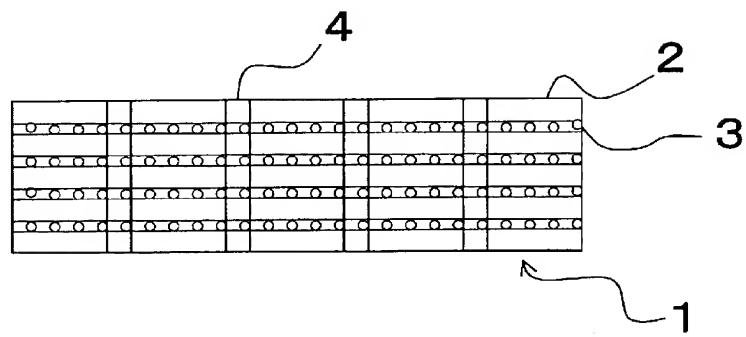
[27] 配置するプリフォーム型の一方がバッグ材であり、もう一方が雄型または雌型であることを特徴とする、請求項20～26のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。

- [28] 前記加熱工程において、予め配置工程(B)または(H)で積層体をプリフォーム型内に密閉してプリフォーム型内を大気圧以下に減圧することにより、大気圧でプリフォームを加圧することを特徴とする、請求項21～27のいずれかに記載のプリフォームの製造方法。
- [29] 請求項1～16のいずれかに記載のプリフォームを用いて、少なくとも次の工程(L)～(N)を経て、FRPを製造することを特徴とするFRPの製造方法。
- (L)プリフォームを成形型に配置するセット工程
- (M)液体化しているマトリックス樹脂を、成形型に注入してプリフォームにマトリックス樹脂を含浸させる注入工程
- (N)マトリックス樹脂を固化させる固化工程
- [30] セット工程(L)において、成形型が少なくとも雌型または雄型のいずれかとバッグ材とによって形成されることを特徴とする、請求項29に記載のFRPの製造方法。
- [31] セット工程(L)において、プリフォームの最表面に樹脂拡散媒体を積層し、注入工程(M)において、まずマトリックス樹脂を優先的に樹脂拡散媒体に注入した後に、貫通孔でプリフォームの厚み方向に含浸させ、貫通孔からプリフォームの面内方向に含浸させて、プリフォーム全体に含浸させることを特徴とする、請求項29または30に記載のFRPの製造方法。

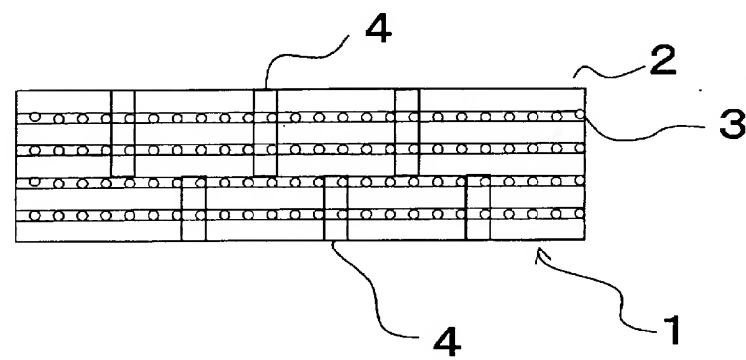
[図1]



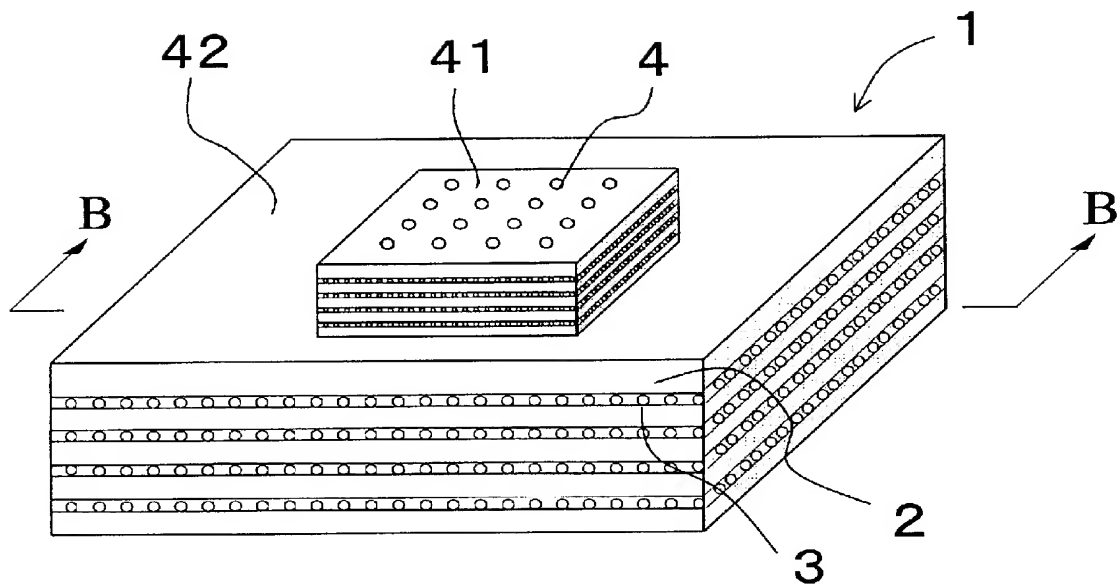
[図2]



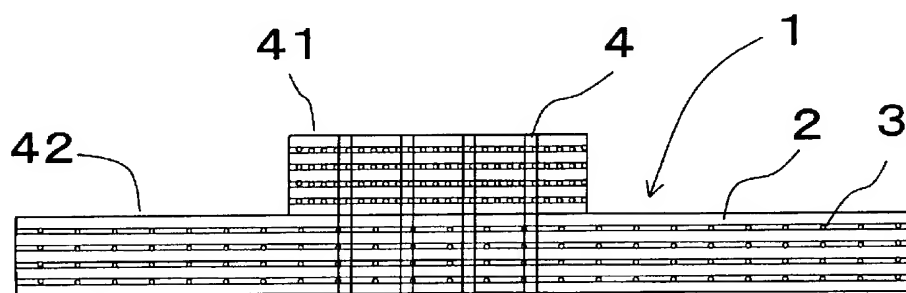
[図3]



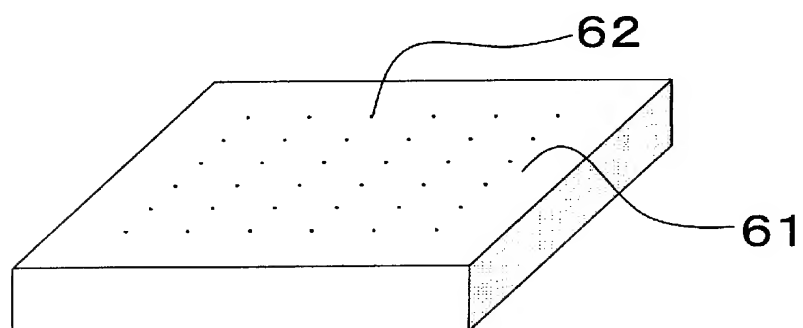
[図4]



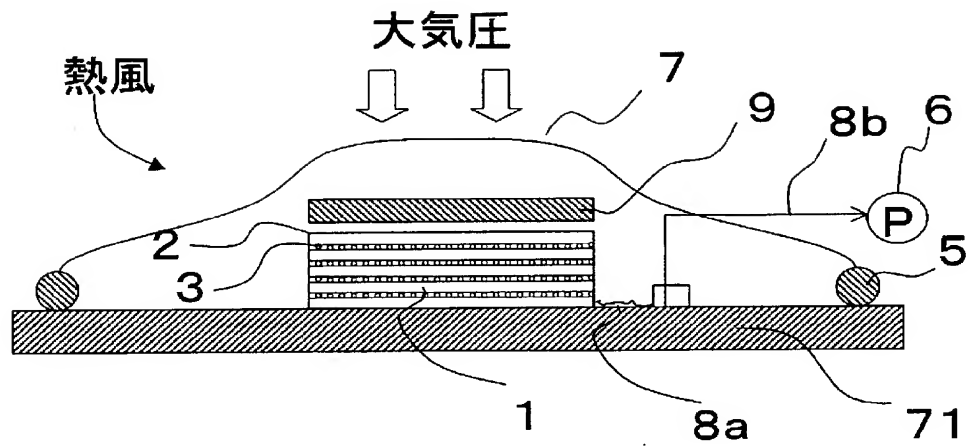
[図5]



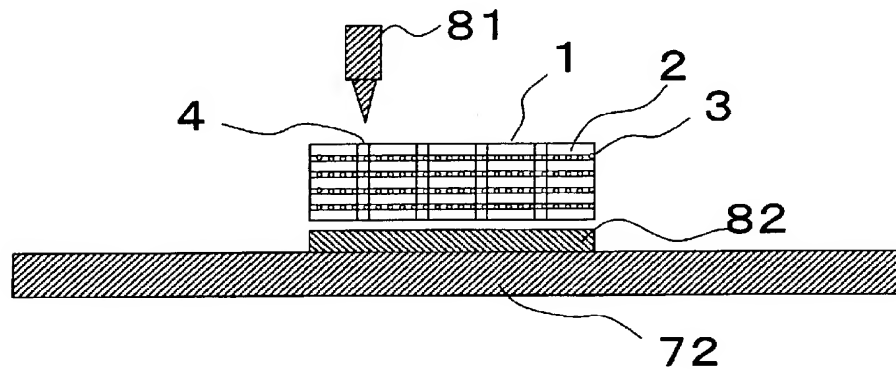
[図6]



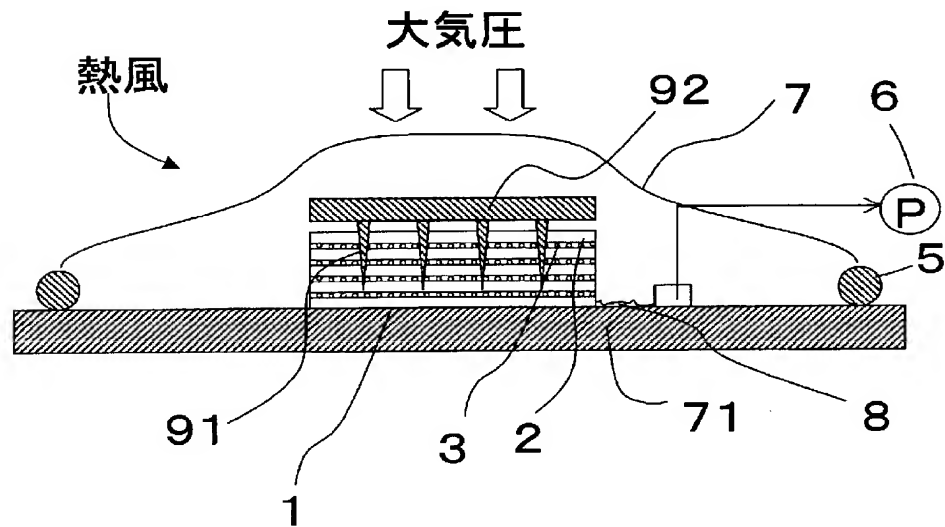
[図7]



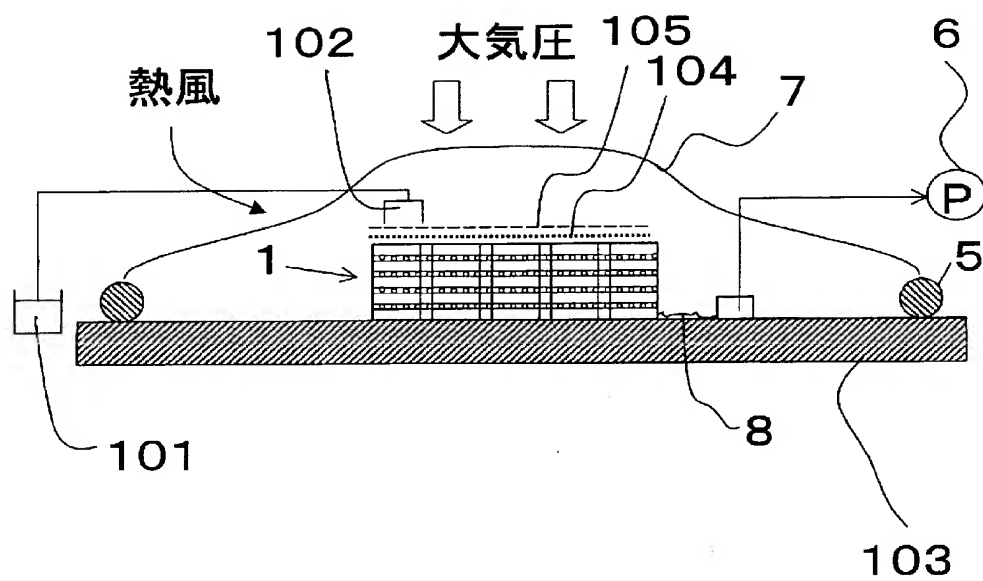
[図8]



[図9]



[図10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/005864

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B29B15/08, B29C43/20//B29K101:00, 105:08, B29L9:00, 31:30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B29B15/08, B29C43/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2003/013817 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.),	1-4, 15-21,
Y	20 February, 2003 (20.02.03),	23, 24, 27-31
A	Claims; page 11, lines 7 to 9; page 12, lines 7 to 16	5-14
	& EP 1413415 A1	22, 25, 26
	Page 6, Par. No. [0038]; page 7, Par. No. [0042]	
	& US 2004/0247845 A1 & JP 2004-060058 A	
Y	JP 2003-080607 A (Toray Industries, Inc.),	5-14
	19 March, 2003 (19.03.03),	
	Claims	
	(Family: none)	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 May, 2005 (24.05.05)

Date of mailing of the international search report

14 June, 2005 (14.06.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/005864

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-357002 A (Toray Industries, Inc.), 13 December, 2002 (13.12.02), Claims; page 4; Par. Nos. [0019] to [0020] (Family: none)	1-31
P,A	JP 2005-053142 A (Komatsu Kyasutekkusu Kabushiki Kaisha), 03 March, 2005 (03.03.05), Claims; page 9; Fig. 3 (Family: none)	1-31



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> B29B15/08, B29C43/20 // B29K101:00, 105:08, B29L9:00, 31:30										
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. <sup>7</sup> B29B15/08, B29C43/20										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2005年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2005年	日本国実用新案登録公報	1996-2005年	日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2005年									
日本国実用新案登録公報	1996-2005年									
日本国登録実用新案公報	1994-2005年									
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号								
X  Y A	WO 2003/013817 A1 (三菱重工業株式会社) 2003. 02. 20, 特許請求の範囲, 第11頁第7-9行, 第12頁7-16行 & EP 1413415 A1, 第6頁 [0038], 第7頁 [0042] & US 2004/0247845 A1 & JP 2004-060058 A	1-4, 15-21, 23, 24, 27-31  5-14  22, 25, 26								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 24. 05. 2005	国際調査報告の発送日 14. 6. 2005									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 天野 宏樹	4 J 9 2 7 2								
電話番号 03-3581-1101 内線		3 4 5 7								

[illegible]